

**Die Korrelation zwischen der
Muskeldurchblutungsmessung mit Hilfe der
 ^{133}Xe -Clearance und der Angiographie an der
unteren Extremität**

Klaus Höhn

1976



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41553812_0031

Aus der Röntgenabteilung der II. Medizinischen Klinik
der Universität München

Direktor: Prof. Dr.med. E. Buchborn

Die Korrelation zwischen der Muskeldurchblutungsmessung mit
Hilfe der ^{133}Xe -Clearance und der Angiographie an der unteren
Extremität

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
an der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Klaus Höhn

aus

Passau

München 1976

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. K. Kopetz

Mitberichterstatter: Prof. Dr. E. Buchborn

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 27.7.1976



Inhaltsverzeichnis

- 1 Einleitung
- 2 Die Verfahren
 - 2.1 Die Radio-Xenon-Clearance
 - 2.1.1 Was sind Radioisotopen?
 - 2.1.2 Eigenschaften von Radio-Xenon
 - 2.1.3 Anwendungstechnik von ^{133}Xe
 - 2.1.4 Berechnung der Muskeldurchblutung
 - 2.2 Angiographie
 - 2.2.1 Femoralis-Arteriographie
 - 2.2.2 Die Phlebographie der unteren Extremität
- 3 Auswertung der Arteriographien in Korrelation zur MDB
 - 3.1 Geschlechtsverteilung
 - 3.1.1 Altersverteilung und Gegenüberstellung der Altersgruppen zur Lumeneinengung
 - 3.2 Korrelation zwischen Schweregrad der Durchblutungsstörung und Lumenverschlußstärken
 - 3.2.1 Korrelation R - Lumenverengung
 - 3.2.2 Korrelation rH - Lumenverengung
 - 3.2.3 Korrelation V_t - Lumenverengung
 - 3.2.4 Korrelation D - Lumenverengung
 - 3.3 Korrelation zwischen dem Vorkommen kombinierter Verschlüsse und der Muskeldurchblutung
 - 3.3.1 Korrelation zwischen kombinierten Verschlüssen und R, V_t und D
 - 3.3.2 Korrelation zwischen kombinierten Verschlüssen und rH
 - 3.4 Lumeneinengungen und Kollateralenbildung in Korrelation zur Durchblutungsstörung
 - 3.5 Korrelation zwischen der Verschlußlokalisation und der Schwere

der Durchblutungsstörung

- 3.6 Korrelation zwischen dem Anteil der Lumenverengungsarten und der Stärke der Durchblutungsstörung
- 4 Auswertung der Phlebographien in Korrelation zur MDB
- 4.1 Geschlechtsverteilung
- 4.2 Altersverteilung und Gegenüberstellung zum venösen Rückstrom
- 4.3 Korrelation zwischen Phlebographie und Durchblutungsstörung
- 5 Kasuistik
- 6 Diskussion
- 6.1 Vergleich mit anderen Autoren: Arteriographie
- 6.2 Vergleich mit anderen Autoren: Phlebographie
- 6.3 Was ist normale Durchblutung?
- 6.4 Indikationen, Aufgaben und Leistungen von Arterio- und Phlebographie und der ^{133}Xe -Clearance
- 7 Zusammenfassung

1 Gefäßerkrankungen unterschiedlicher Genese und Ätiologie nehmen bei uns in neuerer Zeit immer mehr zu. In Verbindung mit daraus resultierenden Herz- und Kreislauferkrankungen stehen sie in den Statistiken als Todesursache an erster Stelle. Um eine Zunahme dieser Zahlen zu verhindern, ist eine möglichst frühzeitige Erkennung der Angiopathien nötig. Zwei der wichtigsten diagnostischen Methoden, die in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen haben, sind die ^{133}Xe -Clearance zur Messung der Muskeldurchblutung und die Angiographie in Form der Arteriographie und der Phlebographie. Aufgabe dieser Arbeit ist es, die Korrelation zwischen diesen beiden Verfahren zu überprüfen. Dies soll am Beispiel der Angiographie und der Muskeldurchblutungsmessung an der unteren Extremität erfolgen.

2 Die Verfahren

2.1 Die Radio-Xenon-Clearance

Radioisotopenverfahren zur Kreislaufdiagnostik wurden zuerst von SMITH B.C. und E.H. QUIMBY im Jahre 1944 angegeben (40). KETY S.S. veröffentlichte im Jahre 1948 ein Verfahren zur Messung der Muskeldurchblutung des M. gastrocnemius (17). Diese Autoren benutzten bei ihren Studien das Isotop Na^{24} . KETY postulierte und bewies 1949 experimentell den exponentiellen Abfall der Zählrate. Die Steigung der Geraden bei semilogarithmischem Auftragen der Zählrate im Abstand von einer Minute bezeichnete er als "clearance constant" (18).

2.1.1 Was sind Radioisotopen ?

Als Isotope bezeichnet man Elemente mit gleicher Ordnungszahl, aber verschiedenem Atomgewicht, also mit unterschiedlicher Neu-

tronenzahl im Kern. Sie verhalten sich solange stabil, bis die Zahl der Neutronen eine definierte Zahl überschreitet. Wird diese Zahl überschritten, zerfallen diese Isotopen unter Aussendung radioaktiver Strahlung, d.h., sie werden zu Radioisotopen.

Radioisotopen kommen in der Natur vor, sie können aber auch auf künstlichem Wege durch Neutronenbeschuß hergestellt werden. Sie können also für verschiedene wissenschaftliche und medizinische Zwecke gezielt geschaffen werden.

2.1.2 Eigenschaften von Radio-Xenon

LASSEN und Mitarbeiter verwendeten 1964 erstmals das Isotop Xe^{133} zur Messung der Muskeldurchblutung (25). ^{133}Xe ist ein Edelgas, das sich chemisch inert verhält. Im Gegensatz zu Na^{24} ist es äußerst lipophil, d.h., es wird durch Zellmembranen in seiner Diffusionsfähigkeit nicht behindert. Weiter hat es den Vorteil, rasch durch die Lungen aus dem Körper eliminiert zu werden. Die Gammastrahlung ist im Vergleich zu Na^{24} wesentlich niedriger (0,081 meV gegenüber 1,368 meV). Das bedeutet, daß der lokale Abfall der Zählrate besser beobachtet werden kann und die Strahlenbelastung für den Patienten niedriger liegt. Die physikalische Halbwertszeit von Xe^{133} beträgt 5,27 Tage (16).

2.1.3 Anwendungstechnik von ^{133}Xe

Das Prinzip besteht in der Messung des Abtransports, der Clearance, einer kleinen Menge intramuskulär injizierter Isotopen durch Geiger-Müller-Zählrohre. Je schneller der Abtransport erfolgt, desto höher ist die Durchblutung.

Zur Messung der Muskeldurchblutung der unteren Extremität werden 0,1 - 0,5 ml einer physiologischen NaCl-Lösung, in der 50-100 μCi Xe^{133} gelöst sind, tief intramuskulär in den M.tibia -

lis anterior injiziert. Bis zu diesem Injektionsvolumen ist keine Beeinflussung der Messung durch die Depotmenge zu erwarten; ZERKOWITZ A.e.a. (49). Die lokale Clearance wird dann mit einem Szintillationszähler registriert. Mit diesem Verfahren ist es auch möglich, neben der Ruhedurchblutung die reaktive Hyperämie nach passiver und aktiver Ischämie zu messen (13). Die Routinereife dieses Verfahrens wurde bereits von KLEMM J.(19), PFLEGHAR F.(34), RUFF M.(38) und HELOU F.(14) bestätigt.

2.1.4 Berechnung der Muskeldurchblutung (MDB)

Da die radioaktive Substanz Xe^{133} annähernd exponentiell verschwindet, ergibt die halblogarithmische Darstellung eine Gerade bestimmter Neigung. Die Berechnung der Muskeldurchblutung aus der Neigung der erhaltenen Kurve bzw. dem Abfall der Aktivität erfolgt nach dem Fickschen Prinzip:

$$1. \text{Ficksches Gesetz: } Q = F \cdot (C_a - C_v) \quad (1)$$

Q = Menge des Xe^{133} in μCi im Gewebe zu beliebiger Zeit

Q' = 1. Ableitung von Q nach der Zeit

F = Blutfluß/min in dem Gewebsblock, der das Isotop enthält

C_a = arterielle Konzentration von ^{133}Xe in $\mu Ci/ml$, die praktisch Null ist (Rezirkulation ist zu vernachlässigen wegen der Verteilung im Körper und der raschen Elimination durch die Lungen)

C_v = venöse Konzentration von ^{133}Xe in $\mu Ci/ml$

MDB = Durchblutung/100g Gewebe

G = Muskelgewicht in Gramm

$$F = 1/100 \cdot MDB \cdot G \quad (2)$$

Diffusionsgleichgewicht von ^{133}Xe zwischen Muskel und Blut darf auf Grund der Eigenschaften des Gases angenommen werden:

$$C_{\text{Muskel}} = \lambda \cdot C_{\text{Blut}} \quad (3)$$

$\lambda = 0,7$ bei einem Hct von 40; CONN H.L.jr.(5)

(2) in (1) eingesetzt ergibt:

$$\text{MDB} = -100 \cdot Q' \cdot \frac{1}{G \cdot C_V} \quad (4)$$

(4) in (3) eingesetzt ergibt:

$$C_V \cdot G = \frac{1}{0,7} \cdot C_{\text{Muskel}} \cdot G = \frac{1}{0,7} \cdot Q \quad (5)$$

(5) in (4) eingesetzt ergibt:

$$\text{MDB} = -70 \cdot \frac{Q'}{Q} \text{ (ml/100g/min)}$$

Bei Verwendung von dekadischem Papier und Potentiometer kann die Clearancerate $\frac{Q'}{Q}$ direkt aus der Tangente der geschriebenen Kurve entnommen werden:

$$\text{tg} = d \cdot \log \frac{Q}{dt}$$

$$\ln 10 \cdot d \cdot \log \frac{Q}{dt} = d \cdot \ln \frac{Q}{dt} = \frac{Q'}{Q}$$

Daraus ergibt sich folgende Durchblutungsformel:

$$\text{MDB} = -70 \cdot \ln 10 \cdot d \cdot \log \frac{Q}{dt} = 161 \cdot D \text{ (ml/100g/min)}$$

D stellt jenen Teil einer Dekade auf dem Papier dar, den die Zählrate in einer Minute abfällt.

Die Ableitung erfolgte nach PFLEGHAR (34), FRAITZL (9), HELOU (14) und RUFF(38).

2.2 Angiographie

2.2.1 Femoralis-Arteriographie

Die Arteriographie war die erste spezielle Methode zur röntgenologischen Beurteilung der Gefäßverhältnisse. Als röntgendichte Kontrastmittel verwendet man trijodierte Benzoate. Mittels eines Serienaufnahmegerätes werden 4 bis 6 Röntgenbilder in Abständen von einigen Sekunden angefertigt. Die Darstellung der Beinarterien erfolgt durch Punktion oder Katheterisierung der

A.femoralis zur Darstellung eines Beines bzw. der Aorta abdominalis zur Darstellung der Gefäße beider Beine, sofern im Beckenbereich keine strombehindernden Prozesse vorliegen. Als Komplikationen können unterschiedliche Schmerzreaktionen, Gefäßspasmen, Überempfindlichkeitsreaktionen, Übelkeit, Kollaps und traumatische Gefäßwandschädigungen als Folge der Punktion auftreten. Mit Hilfe der Arteriographie lassen sich exakt Gefäßwandverändernde und Gefäßverengende Prozesse, Kollateralkreisläufe und arterio-venöse Shunts nachweisen; KAPPERT A.(16), PFLEGHAR F.(34), RUFF M.(39).

2.2.2 Die Phlebographie der unteren Extremität

Die Injektion des Kontrastmittels erfolgt durch Punktion einer dorsalen Fußvene. Zur Darstellung der tiefen Venen wird vor der Injektion über der Malleolengabel eine Staubinde mit mäßigem Druck angelegt. Oberflächliche Venen werden durch direkte Kontrastmittelinjektion in das interessierende Venennetz dargestellt. Zur Überprüfung der Klappenfunktion ist eine fast aufrechte Schräglage des Patienten nötig. Die röntgenologische Kontrolle erfolgt durch Zielaufnahmen oder Serienaufnahmen. Die Phlebographie hat Auskunft zu geben über die exakte Flußrichtung des venösen Blutes mit Bestimmung der Abflußgeschwindigkeit in Ruhe und bei Muskelbetätigung. Außerdem soll sie die Weite und Beschaffenheit aller Venen mit ihren Klappen beurteilen lassen; KAPPERT A.(16).

3 Auswertung der Arteriographien in Korrelation zur MÖB

Für diese Auswertung waren 51 Arteriographien der unteren Extremität auszuwerten. Dies geschah unter Berücksichtigung der

Schwere der Lumeneinschränkung, der Art der Verschlüsse (singular oder multilokulär), der Höhe der Lumeneinengung (Etagen) und des Kollateralkreislaufs. Diese Werte sollten in Korrelation mit der Ruhedurchblutung, der reaktiven Hyperämie und deren Dauer und Verzögerung gebracht werden.

Um eine übersichtliche Darstellung zu ermöglichen, wurden die Lumenverengungen, die Verschlusslänge, die Verschlusshäufigkeit, die Kollateralkreisläufe und die Muskeldurchblutung entsprechend dem Ausmaß ihrer Störung in verschiedene Schweregrade unterteilt. Ferner wurde das Gefäßsystem zur Beurteilung der Verschlusshöhe in Etagen unterteilt, so daß sich folgende Schemata ergeben:

Kriterien für die Muskeldurchblutung(MDB)

Schweregrad	MDB(ml/ 100g/min)
normale Durchblutung = 0	2
leichte Durchblutungsstörung = 1	1,5 - 2
mittlere " " " = 2	1 - 1,5
schwere " " " = 3	1

Schema 1: Störungsgrade der Ruhedurchblutung (R)

Schweregrad		MDB(ml/ 100g/min)
normale Durchblutung	= 0	30
leichte	Dbltgstörung = 1	24 - 30
mittlere	" = 2	18 - 24
schwere	" = 3	12 - 18
sehr schwere	" = 4	12

Schema 2: Störungsgrade der reaktiven Hyperämie (rH)

Schweregrad		Verzögerung in sec
normale V_t	= 0	- 15
leichte Verzögerung	= 1	15 - 20
mittelschwere	" = 2	20 - 30
sehr starke	" = 3	30

Schema 3: Störungsgrade der Verzögerung von rH (V_t)

Schweregrad		Dauer von rH
normale D	= 0	bis 2'30"
D leicht verlängert	= 1	2'30" - 3'
D mittelschwer verlängert	= 2	3' - 4'
D stark verlängert	= 3	4'

Schema 4: Störungsgrade der Dauer von rH (D)

Kriterien für A.femoralis - Angiographie

Schweregrad		Lumenverengung in %
geringe Einengung	= 0	0 - 20
geringe - mittlere Einengung	= 1	20 - 40
mittelschwere	" = 2	40 - 70
sehr schwere	" = 3	70 - 90
totale Stenose	" = 4	100

Schema 5: Schweregrade der Lumenverengung (L)

Schweregrad	Länge singular	Länge multilokular
1	bis 1 cm	bis 3x mind. 5mm
2	bis 3 cm	bis 6x mind. 5mm
3	bis 5 cm	bis 9x mind. 5mm
4	5 cm	9x mind. 5mm

Schema 6: Schweregrade der Verschlußarten

Ausbildungsgrad	Zahl d. Kollateralgefäße
kein Kollateralkreislauf = 1	0
geringer " " = 2	1 - 2
mittlerer " " = 3	2 - 3
starker " " = 4	3 - 5
sehr starker " " = 5	5

Schema 7: Ausbildungsgrad des Kollateralkreislaufs

Etage	Gefäßbereich
A	A.iliaca externa
B	A.femoralis superficialis bis Add.-kan.
C	Adduktorenkanal
D	A.poplitea
E	A.tibialis ant. u. post., A.fibularis

Schema 8: Einteilung in Etagen

Zur Auswertung wurde bei kombinierten Gefäßverschlüssen jeweils nur der oberste stärkste, d.h., der hämodynamisch wirksamste, herangezogen.

3.1 Geschlechtsverteilung

	N _{Pat.}	%	N _{Extr.}	%
♂	33	82,5	41	80,4
♀	7	17,5	10	19,6

Tab. 1: Geschlechtsverteilung der Patientengruppe

Tabelle 1 zeigt, daß die Patientengruppe zu einem weitaus Überwiegenden Teil aus Männern besteht. Hier findet sich auch Übereinstimmung mit PFLEGHAR F.(34) und HELOU F.(14).

3.1.1 Altersverteilung und Gegenüberstellung der Altersgruppen zur Lumeneinengung

N Extr.	N %	Alter d. Patienten	Angiographie-Bewertung (Lumen)				
			0	1	2	3	4
3	6,1	11 - 20	100				
12	24,5	41 - 50	25	8,3	25		41,7
16	32,65	51 - 60	25	12,5	12,5		50
16	32,65	61 - 70	12,5	18,75	6,25	12,5	50
2	4,1	71 - 80			50		50

Tab.2: Altersverteilung, Gegenüberstellung der prozentuellen Anteile der Schweregrade der Lumenverengung an den Altersgruppen (Bei 2 Extremitäten war das Alter der Patienten unbekannt)

Aus Tab. 2 ist ersichtlich, daß sich die Patientengruppe zu Über zwei Dritteln aus über 50-jährigen zusammensetzt. Ferner läßt sich erkennen, daß die leichteren Formen der Gefäßverschlüsse

mit steigendem Alter prozentual abnehmen, während mittlere und schwere Lumeneinengungen im höheren Alter häufiger vorkommen. So treten in der Altersgruppe von 11 - 20 Jahren nur gesunde Gefäßsysteme an der unteren Extremität auf, während sie in den Gruppen von 41 - 50 und 51 - 60 Jahren jeweils 25% einnehmen, um in der Gruppe von 61 - 70 Jahren auf 12,5% zurückzugehen. Extremitäten mit totalen Stenosen treten in der Gruppe der 41-50-jährigen in 41,7% und in den Altersklassen von 51 - 60, 61-70 und 71 - 80 Jahren in je 50% der Fälle auf. Geringe bis mittlere Lumenverengungen kommen zwischen 71 und 80 Jahren nicht mehr vor.

3.2 Korrelation zwischen Schweregrad der Durchblutungsstörung und Lumenverschlußstärken

3.2.1 Korrelation R - Lumenverengung

	R = 0	R = 1	R = 2	R = 3
Lumen o.B.	28	10	20	
0	8		10	
1	12	20	10	
2	8	10	30	33,3
3			20	
4	44	60	10	66,7

Tab. 3: Gegenüberstellung R-L; Anteile der Extremitäten in %

In Tab. 3 sind die Grade der Lumenverengungen ihrem prozentuellen Anteil an den jeweiligen Schweregraden der Störung der Arteriedurchblutung gegenübergestellt. Es zeigt sich, daß bei zunehmender Durchblutungsstörung Gefäßsysteme ohne pathologischen Befund prozentual abnehmen, nämlich von 28% bei R=0 über 10% bei R=1 und 20% bei R=2 bis zum vollständigen Verschwinden bei R=3. Dagegen kommen totale Stenosen bei R=3 in zwei Dritteln der Fälle vor, während sie bei R=0 noch 44 und bei R=1 noch 60% betragen. Geringe und mittlere Lumeneinengungen sind in den Gruppen normalen R's bis mittlerer Störungen von R unregelmäßig verteilt, während sie bei schweren Durchblutungsstörungen nicht mehr auftreten. Auffällig ist bei mittleren Störungen von R (R=2) der Gipfel der Verteilung um mittelschwere bis sehr schwere Lumenverschlüsse mit 30 bzw. 20% und das geringe Vorkommen totaler Stenosen mit nur 10%.

3.2.2 Korrelation rH - Lumenverengung

	rH = 0	rH = 1	rH = 2	rH = 3	rH = 4
Lumen o.B.	37,5	25		50	15
0	12,5		7,7		5
1		25	15,4		15
2	12,5	25	15,4		15
3			15,4		
4	37,5	25	46,1	50	50

Tab. 4: Gegenüberstellung rH-L; Anteile der Extremitäten in %

Die Gegenüberstellung von rH und dem Grad der Lumenverengung bestätigt in etwa das Ergebnis aus Tab. 3. Auch in Tab. 4 nehmen unveränderte Gefäßstrecken prozentual ab, je stärker die Durchblutungsstörungen werden, nämlich von 37,5% bei $rH = 0$ und 25% bei $rH = 1$ auf 15% bei $rH = 4$. Der hohe Wert von 50% bei $rH = 3$ läßt sich aus den Befunden folgendermaßen erklären: Ein Patient zeigte während der angiographischen Untersuchung Gefäßspasmen als Reaktion auf das Kontrastmittel, bei einem weiteren Patienten wurde eine beginnende Endangiitis vermutet. In der Gruppe der totalen Stenosen ergibt sich ein kontinuierlicher Anstieg von $rH = 0$ mit 37,5% über $rH = 1$ mit 25% und $rH = 2$ mit 46,1% auf $rH = 3$ und $rH = 4$ mit jeweils 50% Anteil. Geringe bis mittlere und mittelschwere Gefäßverengungen bilden bei $rH = 1$ mit zusammen 50% den größten Anteil, um in Richtung stärkere Durchblutungsstörungen über 30,8% bei $rH = 2$ auf 30% in der Gruppe sehr schwer erniedrigter rH abzunehmen.

3.2.3 Korrelation V_t - Lumenverengung

Analog zu Tab. 3 und 4 sinken in Tab. 5 (s.S.15) die prozentualen Anteile der gesunden Gefäßsysteme von $V_t = 0$ mit 25,9%, $V_t = 1$ mit 18,1% und $V_t = 2$ mit 16,7% Anteil auf 0% bei sehr starker Verzögerung, während die totalen Stenosen, die in den Gruppen $V_t = 0$ noch in 40,8%, $V_t = 1$ in 27,3% und $V_t = 2$ in 66,6% der Fälle auftraten, bei $V_t = 3$ bis über 71% ansteigen. Geringe bis mittelschwere Lumeneinengungen bilden bei $V_t = 1$ mit 54,6% den anteilmäßigen Gipfel. Auffallend ist wie in Tab. 3 und 4 der verhältnismäßig hohe Anteil totaler Stenosen von 40,8% bei normaler Durchblutung.

	$V_t = 0$	$V_t = 1$	$V_t = 2$	$V_t = 3$
Lumen o.B.	25,9	18,1	16,7	
0	11,1			
1	7,4	27,3		14,3
2	7,4	27,3	16,7	14,3
3	7,4			
4	40,8	27,3	66,6	71,4

Tab. 5: Gegenüberstellung V_t -L; Anteile der Extremitäten in %

3.2.4 Korrelation D - Lumeneinengung

Wie bei R, rH und V_t nehmen totale Stenosen mit zunehmender Dauer von rH (s.S.16, Tab. 6) kontinuierlich von 34,6% bei D = 0 und 50% bei D = 1 bis auf 100% bei starker Verlängerung von D zu.

Die gesunden Gefäßsysteme zeigen im Vergleich zu den Tab. 3 bis 5 in ihrem Verhalten rein optisch ein umgekehrtes Bild. Sie wachsen hier bis zur mittelschweren Verlängerung von D von einem Anteil von 17,3% in der Gruppe D = 0 bzw. 25% in der Gruppe D = 1 bis auf 50% bei D = 2 an. Dieser Wert von 50% ist im Vergleich Angiographie - MDB - Messung nur mit Einschränkung verwendbar, da bei einem Patienten Gefäßspasmen auf Grund des Kontrastmittels auftraten und ein Patient unter Endangitisverdacht stand. Unter diesem Gesichtspunkt betrachtet und auf Grund des Nichtvorkommens eines normalen L's in der Rubrik D = 3 bliebe der

Trend erhalten, daß bei mittelschweren und schweren Durchblutungsstörungen nur noch selten bzw. nie normale Gefäßsysteme vorliegen.

	D = 0	D = 1	D = 2	D = 3
Lumen o.B.	17,3	25	50	
0	6,75	25		
1	17,3			
2	17,3		16,7	
3	6,75			
4	34,6	50	33,3	100

Tab. 6: Gegenüberstellung D-L; Anteile der Extremitäten in %

3.3 Korrelation zwischen dem Vorkommen kombinierter Verschlüsse und der Muskeldurchblutung

Zur Berechnung der prozentualen Anteile der geschädigten Extremitäten an den verschiedenen Stärkegraden der Durchblutungsstörung wurden die einzelnen Komponenten der Verschlußkombinationen auseinandergerissen und wie Einzelverschlüsse behandelt. Ferner wurde der Anteil der kombinierten Verschlußtypen an der Gesamtheit der untersuchten Extremitäten im Vergleich zu den jeweiligen Durchblutungsstörungen berechnet.

3.3.1 Korrelation zwischen kombinierten Verschlüssen und R, V_t, D

	R = 0	R = 1	R = 2	R = 3
Lumen 0	8		20	12,5
1	36	8,34		12,5
2	24	50	80	
3	4			
4	28	41,66		75
Komb. %	44	50	20	66,7

Tab. 7: Gegenüberstellung R-komb. Verschlüsse; Anteile d.Extr.1m%

	V _t = 0	V _t = 1	V _t = 2	V _t = 3
Lumen 0	7,7	16 $\frac{2}{3}$		
1	27	16 $\frac{2}{3}$	50	10
2	30,75	50		20
3	3,8			
4	30,75	16 $\frac{2}{3}$	50	70
Komb. %	40,7	45,4	16,7	71,4

Tab. 8: Gegenüberstellung V-komb. Verschlüsse; Anteile d.Extr.1m%

	D = 0	D = 1	D = 2	D = 3
Lumen 0	5,4		25	11,1
1	18,9		25	33,3
2	37,9		25	11,1
3	2,7			
4	35,1		25	44,5
Komb. %	47	0	33,3	57,2

Tab. 9: Gegenüberstellung D-komb. Verschl.; Anteils d. Extr. in %

In den Tab. 7, 8 und 9 zeigt sich ein leichter Anstieg geringer und geringer bis mittlerer Lumenverschlüsse bis zu mittelschweren Durchblutungsstörungen. So weist R = 0 einen Anteil an geringen Stenosen von 8% und R = 2 von 20% auf. V_t zeigt eine Zunahme von L = 0 von der Gruppe $V_t = 0$ mit 7,7% auf $V_t = 1$ mit 16,7% und von L = 1 ausgehend von $V_t = 0$ mit 27 auf $V_t = 2$ mit 50% der Verschlüsse. Mittelschwere Lumeneinengungen steigen bis zu mittleren Störungsgraden der Ruhedurchblutung kontinuierlich an – sie betragen bei R = 0 noch 24%, in den Rubriken R = 1 und R = 2 50% bzw. 80% – während sie bei der Verzögerung der reaktiven Hyperämie einen Höchstwert von 50% bei leichter Verzögerung erreichen und zur schweren Störung hin auf 20% abfallen.

Die Dauer von rH zeigt eine Abnahme der mittelschweren Lumenverengungen gleichmäßig bis D = 3 mit 11,1% von 37,9% in der Gruppe D = 0 über 25% in D = 2. Totale Stenosen nehmen in Richtung schwere und schwerste Durchblutungsstörungen zu. Sie bilden in den Einteilungsgraden R = 0 28%, R = 1 41,66% und R = 3 75%, $V_t = 0$ 30,75%, $V_t = 2$ 50% und $V_t = 3$ 70%, sowie D = 0 35,1% und D = 3 44,5% der Verschlüsse. Mittelschwere und schwere Durchblutungsstörungen deuten danach auf eine vermehrte Vergesellschaftung geringer bis mittlerer Gefäßverengungen mit schweren und totalen Lumenverschlüssen hin.

Der Anteil der Extremitäten mit kombinierten Verschlüssen unterstreicht dieses Bild. Er steigt bis zu schweren Durchblutungsstörungen stark an. Die Prozentzahlen klettern von 44% in der Rubrik R = 0 auf 50% bei R = 1 und 66,7% bei R = 3. $V_t = 0$ zeigt einen Anteil von 40,7%, $V_t = 1$ von 45,4%, $V_t = 3$ von 71,4% und D = 0 von 47, sowie D = 3 von 57,2%. Der Abfall des prozentualen Anteils bei R = 2, $V_t = 2$, D = 1 und D = 2 ist auf Grund einer geringen Anzahl von MDB-Messungen dieser Klassifikationen als statistisch wenig aussagekräftig zu betrachten.

3.3.2 Korrelation zwischen kombinierten Verschlüssen und rH

Tab. 10 (s.S.20) bietet ein etwas unregelmäßiges Bild. Es lassen sich keine klaren Gesetzmäßigkeiten ableiten. Von rH = 1 mit einem Anteil von 25% bis rH = 3 mit 16,6% ist eine Abnahme geringer, von rH = 0 mit 20% über rH = 1 und rH = 2 mit jeweils 25% bis rH = 4 mit 26,3% eine minimale Zunahme geringer bis mittlerer Lumeneinengungen zu verzeichnen. Mittlere Lumeneinengungen nehmen, abgesehen von dem hohen Ausgangswert von 40% bei rH = 0, von rH = 1 mit 31,25% und rH = 2 mit 33,3% bis rH = 4

mit 36,85% Anteil leicht zu. Die Verteilung der totalen Stenosen bei den jeweiligen Störungsgraden von rH erfolgt völlig uneinheitlich. Der Anteil der Extremitäten mit kombinierten Verschlüssen geht zwar von einem verhältnismäßig niederen Wert von 25% aus; er pendelt sich aber bei den stärkeren Störungen der reaktiven Hyperämie auf ein ziemlich gleichmäßiges Niveau mit einem Höchstwert bei rH = 2 von 53,8% und einem niedrigsten Wert bei rH = 4 von 40% ein.

	rH = 0	rH = 1	rH = 2	rH = 3	rH = 4
Lumen 0		25	12,5	16,65	
1	20	25	25		26,3
2	40		31,25	33,35	36,85
3			6,25		
4	40	50	25	50	36,85
Komb. %	25	50	53,8	50	40

Tab. 10: Gegenüberstellung rH-komb. Verschl.;Anteile d. Extr.in %

3.4 Lumeneinengungen und Kollateralenbildung in Korrelation zur Durchblutungsstörung

Die Berechnung des Ausmaßes des Kollateralkreislaufs erfolgte durch Mittelwertberechnung nach dem Einteilungsschema der Kol-

lateralgefäßzahl (Schema 7). Dieser Kollateralendurchschnitt bei den jeweiligen Lumeneinengungen wurde den verschiedenen Graden der Durchblutungsstörung gegenübergestellt.

R	L	Koll. $\bar{x}$	t	IW%	R	L	Koll. $\bar{x}$	t	IW%
0	0	$1,5 \pm 0,71$	2,99	22	1	0			
	1	2 ± 0				1	2 ± 0		
	2	$3 \pm 1,4$	3,03	20		2	(3)		
	3					3			
	4	$3,09 \pm 0,94$	10,9	0,01		4	$3,66 \pm 1,03$	8,7	0,05
2	0	(1)			3	0			
	1	(2)				1			
	2	2 ± 0				2	(2)		
	3	1 ± 0				3			
	4	(3)				4	$2,6 \pm 1,52$	3,82	2

Tab. 11: Gegenüberstellung R-Kollateralendurchschnittszahl

(Zahlen in Klammern werden in der Auswertung nur durch einen Wert repräsentiert)

rH	L	Koll. $\bar{x}$	t	IW%	rH	L	Koll. $\bar{x}$	t	IW%
0	0	(1)			1	0			
	1					1	(2)		
	2	(4)				2	(2)		
	3					3			
	4	$2,66 \pm 1,15$	4	6		4	(4)		
2	0	(2)			4	0	(1)		
	1	2 ± 0				1	2 ± 0		
	2	$2,5 \pm 0,71$	4,98	15		2	$1,66 \pm 0,58$	4,96	4
	3	1 ± 0				3			
	4	$3,5 \pm 1,0$	8,6	0,05		4	$3,3 \pm 0,82$	12,73	0,01
3	4	$2,33 \pm 1,53$	2,64	12					

Tab. 12: Gegenüberstellung rH-Kollateralendurchschnittszahl
(Zahlen in Klammern: s.Tab. 11)

V_t	L	Koll. $\bar{x}$	t	IW%	V_t	L	Koll. $\bar{x}$	t	IW%
0	0	$1,33 \pm 0,58$	3,97	6	1	0			
	1	2 ± 0				1	2 ± 0		
	2	$3,5 \pm 0,7$	7,07	9		2	2 ± 0		
	3	1 ± 0				3			
	4	$3,54 \pm 0,93$	12,48	0,01		4	$2,66 \pm 1,53$	3,01	9
2	0				3	0			
	1					1	(2)		
	2	(1)				2	(2)		
	3					3			
	4	$3,25 \pm 1,5$	4,33	2		4	$2,4 \pm 0,54$	9,94	0,05

Tab. 13: Gegenüberstellung V_t -Kollateralendurchschnittszahl

(Zahlen in Klammern: s.Tab. 11)

D	L	Koll. $\bar{x}$	t	IW%	D	L	Koll. $\bar{x}$	t	IW%
0	0	$1,5 \pm 0,71$	2,99	30	1	0	(1)		
	1	2 ± 0				1			
	2	$2,34 \pm 1,03$	5,56	0,5		2			
	3	1 ± 0				3			
	4	$3,25 \pm 0,75$	15	0,01		4	$1,5 \pm 0,71$	2,99	30
2	0				3	0			
	1					1			
	2	(2)				2			
	3					3			
	4	$4,5 \pm 0,71$	8,96	8		4	3 $\pm 1,29$	6,15	0,1

Tab. 14: Gegenüberstellung D-Kollateralendurchschnittszahl

(Zahlen in Klammern: s.Tab. 11)

Tab. 11 zeigt bei normaler Durchblutung eine sich kontinuierlich verstärkende Ausbildung des Kollateralkreislaufs bei stärkeren Lumeneinengungen. Die Werte für den Kollateralkreislauf von $1,5 \pm 0,71$ bzw. $3 \pm 1,4$ bei $L = 0$ und $L = 2$ sind mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit (IW) von 22 bzw. 20% nicht signifikant. Der Wert von $3,09 \pm 0,94$ für $L = 4$ ist mit einer IW von 0,01% hoch signifikant. Tab. 11 deutet ferner darauf hin, daß zur Erhaltung einer normalen oder nur leicht erniedrigten Ruhedurchblutung mittlere bis starke Kollateralkreisläufe nötig sind (s. auch $R = 1$ und $L = 4$: Koll. $\bar{x} = 3,66 \pm 1,03$ bei hoher Signifikanz), während deren Ausmaß bei schweren Störungen der Ruhedurchblutung nur noch gering bis mittel ist; so beträgt der Durchschnittswert der Kollateralen bei $R = 3$ und totaler Stenose nur noch $2,6 \pm 1,52$ mit einer IW von nur 2%.

Das Verhalten der Kollateralen bei reaktiver Hyperämie (Tab. 12) zeigt ein etwas unklareres Bild. In der Gruppe der mittleren Durchblutungsstörung steigt der Grad der Kollateralenbildung von $L = 0$ bis $L = 4$ von gering auf mittelstark an, wobei der Wert von $2,5 \pm 0,71$ bei $L = 2$ mit einer IW von 15% nicht, der Wert von $3,5 \pm 1,0$ bei $L = 4$ mit einer IW von 0,05% sehr hoch signifikant ist. Der Vergleich innerhalb der Gruppen $rH = 2$ und $rH = 4$ ergibt eine Abnahme des Kollateralkreislaufs bei $L = 2$ von $2,5 \pm 0,71$ auf $1,66 \pm 0,58$ (mit einer IW von 4% signifikant) und bei totaler Stenose von $3,5 \pm 1,0$ auf $3,3 \pm 0,82$ (mit einer IW von 0,05% bzw. von 0,01% hohe Signifikanz beider Werte). Aus der Reihe fallen die Werte bei totalem Lumenverschluß in den Gruppen $rH = 0$ und $rH = 3$ von $2,66 \pm 1,15$ und $2,33 \pm 1,53$, die bei einer IW von 6 bzw. 12% aber auch nicht signifikant sind.

Tab. 13 bringt wieder einen gleichmäßigen Anstieg des Kollateralkreislaufs in Fällen mit normaler V_t von $1,33 \pm 0,58$ bei $L = 0$ über 2 ± 0 bei $L = 1$ und $3,5 \pm 0,7$ bei $L = 2$ auf $3,54 \pm 0,93$ bei $L=4$. Die Werte für $L = 0$ und $L = 2$ sind mit einer IW von 6 bzw. 9% nicht mehr signifikant, der Wert für $L = 4$ ist mit einer IW von 0,01% hoch signifikant. Der Vergleich innerhalb der Gruppen der Störungen von V_t ergibt bei totaler Stenose eine Abschwächung des Kollateralkreislaufs von mittelstarker in Richtung geringe Ausbildung. Die Werte bei $V_t = 2$ und $V_t = 3$ sind dabei signifikant (IW 2%) bzw. hoch signifikant (IW 0,05%), während der Wert von $2,66 \pm 1,53$ bei $V_t = 1$, der aus dieser Reihe ausbricht, mit einer IW von 9% nicht signifikant ist.

In gleicher Weise wie V_t ist auch die Dauer der reaktiven Hyperämie von der Ausbildung eines Kollateralkreislaufs abhängig (s. Tab. 14). Bei normalem D steigt der Ausbildungsgrad des Kollateralkreislaufs von $1,5 \pm 0,71$ (mit einer IW von 30% nicht signifikant) für $L = 0$ über $2,34 \pm 1,03$ für $L = 2$ auf $3,25 \pm 0,75$ für $L=4$ an. Die beiden letzten Werte sind mit einer IW von 0,5% bzw. 0,01% sehr hoch signifikant. Der Kollateralkreislauf schwächt sich bei totaler Stenose von $3,25 \pm 0,75$ bei $D = 0$ nur leicht auf $3 \pm 1,29$ bei $D = 3$ ab. Der letzte Wert ist bei einer IW von 0,1% hoch signifikant. Die Werte bei totalem Lumenverschluß in den Gruppen $D = 1$ und $D = 2$ sind mit einer IW von 30 bzw. 8% nicht signifikant. Aus ihnen läßt sich keine Gesetzmäßigkeit ablesen. Allgemein wird der Trend deutlich, daß Extremitäten mit ansteigender Schwere der Verschlüsse immer stärkere Kollateralkreisläufe benötigen, damit die Ernährung gewährleistet wird, und daß geringe Kollateralenzahlen die Durchblutungssituation stark ver-

schlechtern.

3.5 Korrelation zwischen der Verschlußlokalisation und der Schwere der Durchblutungsstörung

Für die Abb. 1, 2, 3 und 4 wurden die prozentualen Anteile der Verschlüsse an den verschiedenen Etagen dem Schweregrad der Durchblutungsstörungen gegenübergestellt, um aus den Kurven eine eventuell vorhandene Verschiebung der Verschlußlokalisation ablesen zu können.

Abb. 1 zeigt die Gegenüberstellung der Verschlußlagen mit dem Schweregrad der Ruhedurchblutungsstörung. Bei normaler Ruhedurchblutung treten Lumenverengungen in allen Etagen auf. Den Gipfel der Kurve bildet die Etage C mit 55,5% der Lumeneinengungen. Verschlüsse in den Etagen A und B treten mit zusammen 16,7% in geringer Anzahl auf, während sie in den unteren Etagen D und E bereits einen Anteil von knapp 28% bilden. Bei leichter und mittlerer Störung von A fällt ein Anstieg der Lumeneinengungen auf, die sich über die gesamte Extremität von B bis E erstrecken, und so Ursache des sogenannten Gänsegurgelphänomens sind. Sie bilden bei R = 1 einen Anteil von 22,25% gegenüber 37,5% bei R=2. Ferner ist bei R = 1 im Vergleich zu R = 0 eine Verlagerung von Verschlüssen aus der Etage C in die Etage B auffällig (Abnahme von C von 55,5% auf 33,3% und Anstieg von B von 11,1% auf 33,3%). Die Verschiebung der Lumenverengungen in die oberen Etagen setzt sich bei R = 2 weiter fort. Etage A ist hier zu 12,5%, B zu 25% und C zu 12,5% betroffen. Bei schwerer Störung der Ruhedurchblutung (R = 3) liegt der Schwerpunkt der Verschlußlokalisationen in B (50%) und C (33,3%), während E noch zu 16,7% betroffen ist.

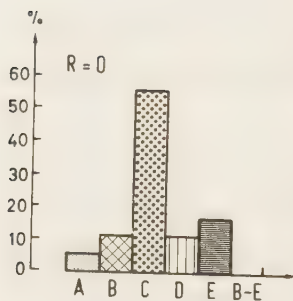


Abb. 1a

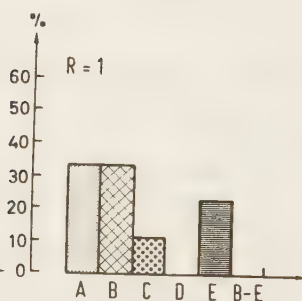


Abb. 1b

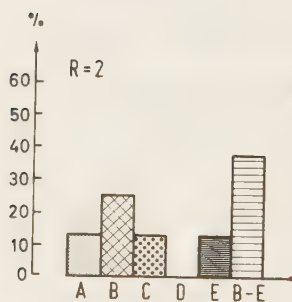


Abb. 1c

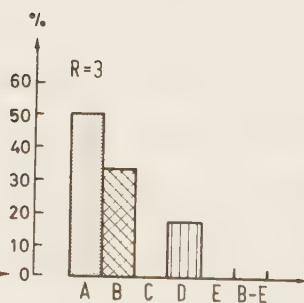


Abb. 1d

Abb. 1: Gegenüberstellung R-Verschlußlokalisation (Etagenhöhe)
(prozentuale Verteilung der Verschlüsse auf die Etagen)

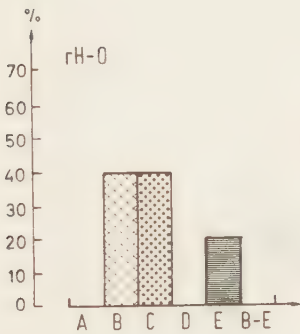


Abb. 2a

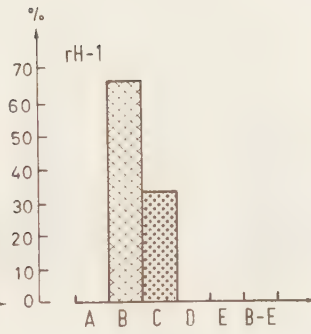


Abb. 2b

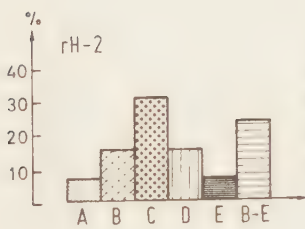


Abb. 2c

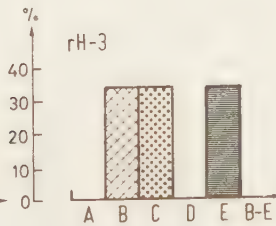


Abb. 2d

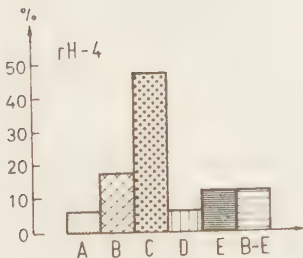


Abb. 2e

Abb. 2: Gegenüberstellung
rH-Verschlusblocka-
lisation (prozentu-
ale Verteilung der
Verschlüsse auf die
Etagen)

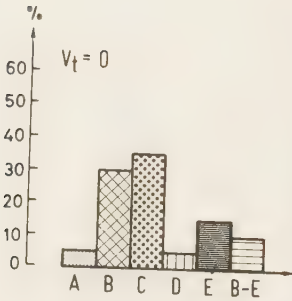


Abb. 3a

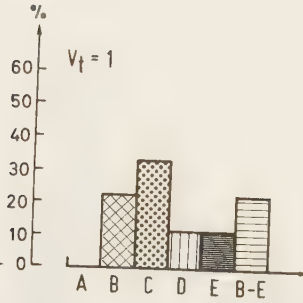


Abb. 3b

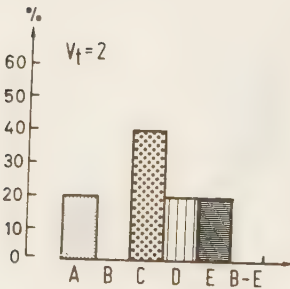


Abb. 3c

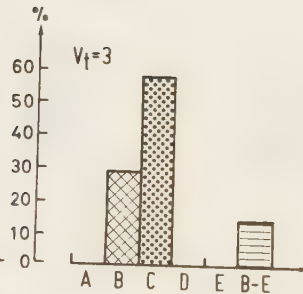


Abb. 3d

Abb. 3: Gegenüberstellung V_t -Verschlusslokalisation
(prozentuale Verteilung der Verschlüsse auf die Etagen)

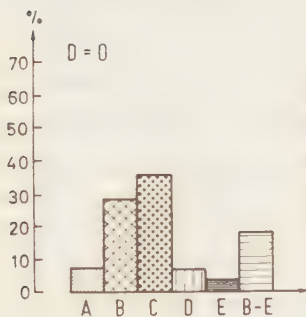


Abb. 4a

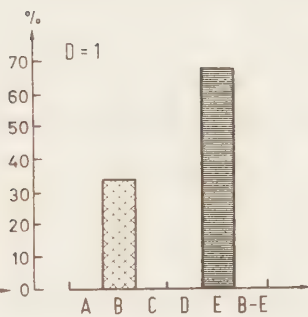


Abb. 4b

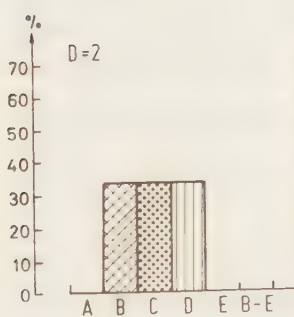


Abb. 4c

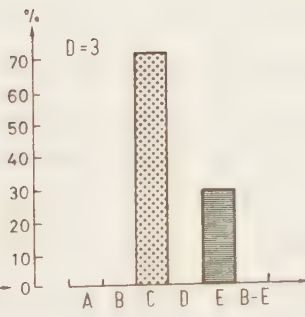


Abb. 4d

Abb. 4: Gegenüberstellung D-Verschlußlokalisation
(prozentuale Verteilung der Verschlüsse auf die Etagen)

Es zeigt sich also bei zunehmenden Störungen der Ruhedurchblutung ein gewisser Trend zur Wanderung der Verschlüsse in die oberen Etagen.

Die Lokalisation der Lumenverengungen bei der reaktiven Hyperämie (s. Abb. 2, S.29) ergibt auf den ersten Blick ein etwas unklarerer Bild. Berücksichtigt man die geringe Anzahl von Messungen bei $rH = 0$ und $rH = 1$, so kann man die Werte in Abb.2a und 2b als statistische Ausreißer betrachten. Bei $rH = 2$ liegt eine völlig symmetrische Verteilung der Verschlüsse auf alle Etagen mit einem Gipfel von 30,8% bei C vor. Insgesamt befinden sich 53,9% der Lumenverengungen in den oberen 3 Etagen. Schädigungen in Form des Gänsegurgelphänomens treten in 23% der Fälle auf. Abb. 2d zeigt eine gleichmäßige Verteilung der Lumenverengungen auf die Etagen B, C und E. B und C weisen zusammen einen Anteil von 66,7% der Verschlüsse auf. Der stärkste Störungsgrad der reaktiven Hyperämie zeigt einen weiteren Anstieg des prozentualen Anteils an Lumenverengungen in den oberen 3 Etagen auf 70,5% mit einem Gipfel der Verteilung mit 47% bei C. Über ihre Gesamtlänge geschädigte Extremitäten treten zu 11,8% auf.

Abb. 3 weist bereits bei normaler Verzögerung der reaktiven Hyperämie einen sehr hohen Anteil an Verschlüssen in den oberen 3 Etagen auf. Neben einem ziemlich niederen Prozentsatz in D und E von 5 bzw. 15% stehen Schädigungen über die ganze Extremität in 10% der Fälle. Bei $V_t = 1$ tritt ein Absinken der Lumenverengungen in den oberen 3 Etagen auf 55,55% ein, während das Gänsegurgelphänomen auf 22,25% ansteigt. Bei $V_t = 2$, das nur eine geringe Zahl an Messungen aufweist, beträgt der Anteil der Verschlüsse in den Etagen A, B und C 60%, in D und E jeweils 20%.

Ein kräftiger Anstieg der Verschlußzahl in B und C auf zusammen 85,7% tritt bei $V_t = 3$ ein. Hier betragen die Lumeneinengungen über die ganze Länge der Extremität 14,3%.

Bei der Dauer der reaktiven Hyperämie (Abb. 4, S.31) läßt sich praktisch keine Aussage machen. Die Abb. 4b und 4c sind aus einer sehr geringen Anzahl von Messungen entstanden. Abb. 4a über die normale Dauer von rH setzt sich aus ca. 60% der Messungen zusammen. Bereits bei $D = 0$ treten 71,4% der Verschlüsse in den oberen 3 Etagen auf. Die Kurve steigt dabei von 7,1% bei A über 28,6% in B auf 35,7% in C an. Sie weist in D und E mit 7,1 bzw. 3,6% nur sehr geringe Zahlen an Lumeneinengungen auf. Das Gangesorgulphänomen zeigt sich in 17,9% der Fälle. $D = 1$ mit einem Anteil an Verschlüssen in B von 33,3% und E von 66,7%, sowie $D = 2$ mit 66,7% der Lumenverengungen in den Etagen B und C und 33,3% in D lassen sich, wie oben erklärt, nicht zu einer Aussage verwenden. Auch Abb. 4d bringt keine verwertbare Verschlebung der Verschlußlokalisationen. Die oberen 3 Etagen zeigen 71,4% der Verschlüsse, die sich alle auf C konzentrieren; die Etage E weist 28,6% der Verengungen auf.

Generell läßt sich aus den Abb. 1-4 der Trend aufzeigen, daß bei stärkeren Störungsgraden der Durchblutung höher gelegene Etagen bevorzugt von Verschlüssen befallen werden.

3.6 Korrelation zwischen dem Anteil der Lumenverengungsarten und der Stärke der Durchblutungsstörung

Für die Tabellen 15-18 wurden die multilokulären Verschlüsse ihrer Schwere nach unterteilt und ihr Anteil am jeweiligen Störungsgrad der Durchblutung berechnet.

L	R = 0	R = 1	R = 2	R = 3
0	100	---	100	---
1	66,7	100	100	---
2	---	---	33,3	---
3	---	---	100	---
4	---	---	---	---

Tab. 15: Gegenüberstellung R-Prozentsatz der multilokul. Verschl.

L	rH = 0	rH = 1	rH = 2	rH = 3	rH = 4
0	100	---	100	---	100
1	---	---	50	---	100
2	---	---	50	---	33,3
3	---	---	100	---	---
4	---	---	---	---	---

Tab. 16: Gegenüberstellung rH-Prozentsatz d. multilokul. Verschl.

L	$V_t = 0$	$V_t = 1$	$V_t = 2$	$V_t = 3$
0	100	---	---	---
1	50	100	---	100
2	50	33,3	---	---
3	100	---	---	---
4	---	---	---	---

Tab. 17: Gegenüberstellung V_t -Prozentsatz d. multilokul. Verschl.

L	$D = 0$	$D = 1$	$D = 2$	$D = 3$
0	100	100	---	---
1	83,3	---	---	---
2	33,3	---	---	---
3	100	---	---	---
4	---	---	---	---

Tab. 18: Gegenüberstellung D-Prozentsatz d. multilokul. Verschl.

In allen 4 Tabellen zeigt sich, daß geringe bis mittlere Lumenverengungen fast ausschließlich multilokulär auftreten. In den Tab. 15 und 16 fällt eine Häufung der Anteile multilokulärer Verschlüsse bei mittlerer Störung von R und mittelschwerer und sehr starker Störung der reaktiven Hyperämie auf. Es sind dies auch die Schweregrade der Durchblutungsstörung, die einen verhältnismäßig hohen Anteil an Schädigungen über das ganze Gefäßsystem einer Extremität aufweisen (s. Abb. 1c, 2c, 2d). Schon geringe Lumenverengungen scheinen, wenn sie in multilokulärer Form oder gar in Form des Gänsegurgelphänomens auftreten, die Durchblutungsverhältnisse einer Extremität rapid zu verschlechtern. Dies machen insbesondere die Abschnitte $rH = 4$ in Tab. 16 und $V_t = 3$ in Tab. 17 deutlich. Die normalen Durchblutungsverhältnisse bei $V_t = 0$ und $D = 0$ lassen sich mit Ausnahme des Verschlußgrades 3 mit verhältnismäßig hohen Kollateralenzahlen erklären, die gesondert für die multilokulären Verschlüsse berechnet wurden (Koll. $\bar{x}$ bei $V_t = 0$: $L = 0$: $2,3 \pm 1,3$, $L = 1$: 3 ± 0 , $L = 2$: 4 ± 0 , $L = 3$: 1 ± 0 ; bei $D = 0$: $L = 0$: $1,5 \pm 0,71$, $L = 1$: 2 ± 0 , $L = 2$: $2,5 \pm 0,71$, $L = 3$: 1 ± 0).

4 Auswertung der Phlebographien in Korrelation zur MDS

Zur Auswertung lagen 16 Phlebographien der unteren Extremität vor. Extremitäten mit unbehindertem und behindertem venösem Rückstrom waren in ihren Durchblutungswerten zu vergleichen. Schema 9 zeigt die Klassifizierung der Phlebographien, nach der bei der Auswertung vorgegangen wurde.

Abfluß normal	= 1
Abfluß behindert	= 2

Schema 9: Klassifikation des venösen Rückstroms

4.1 Geschlechtsverteilung

N _{Pat.}	%	N _{Extr.}	%
8	72,7	10	62,5
3	27,3	6	37,5

Tab. 19: Geschlechtsverteilung der phlebographisch untersuchten Patienten

Die Patientengruppe setzt sich hauptsächlich aus Männern zusammen (72,7%). Auffallend ist, daß bei den weiblichen Patienten jeweils an beiden Beinen eine Phlebographie angefertigt wurde, während das bei den männlichen Patienten nur in zwei Fällen nötig war.

4.2 Altersverteilung und Gegenüberstellung zum venösen Rückstrom

Die Patientengruppe setzt sich, aus der untersuchten Extremitätenzahl berechnet (s. Tab. 20, S.38), zu gut 56% aus Patienten mittleren Alters zusammen (Altersgruppe von 41 - 50 Jahren). Bei ihnen lagen in über 55% der Fälle Behinderungen des venösen Rückstroms vor. Die Patientengruppe von 51 - 60 Jahren und die von 61 - 70 Jahren, die einen Anteil von 12,5 bzw. 6,25% zur Zahl der untersuchten Extremitäten beitrugen, wiesen keine pa-

thologischen Befunde des Venensystems der unteren Extremität auf. Zu erwähnen bliebe noch, daß bei 4 Extremitäten das Alter der Patienten unbekannt war.

N _{Extr.}	N%	Alter d. Patienten	ven. Abfluß	
			1	2
9	56,25	41 - 50	44,5	55,5
2	12,5	51 - 60	100	
1	6,25	61 - 70	100	

Tab. 20: Altersverteilung, Gegenüberstellung zum ven. Rückstrom
(Anteile an den Altersgruppen in %)

4.3 Korrelation zwischen Phlebographie und Durchblutungsstörung

R	Ph = 1	Ph = 2
0	55,6	28,6
1	22,2	42,8
2	11,1	28,6
3	11,1	----

Tab. 21: Gegenüberstellung
R-Phlebographie(Anteile in %)

rH	Ph = 1	Ph = 2
0	44,5	20
1	11,1	20
2	11,1	40
4	33,3	20

Tab. 22: Gegenüberstellung
rH-Phlebographie(Anteile in %)

V_t	Ph = 1	Ph = 2
0	55,6	80
1	33,3	20
2	—	—
3	11,1	—

Tab. 23: Gegenüberstellung

D	Ph = 1	Ph = 2
0	44,5	—
1	33,3	40
2	22,2	20
3	—	40

Tab. 24: Gegenüberstellung

V_t -Phlebographie(Anteile in %) D-Phlebographie(Anteile in %)

In Tab. 21 zeigt sich bei Extremitäten mit behindertem venösem Rückstrom gegenüber solchen mit gesundem Venensystem ein Rückgang des Anteils der Beine mit normaler Ruhedurchblutung von 55,6% auf 28,6%, während Extremitäten mit leichter und mittlerer Abnahme der Ruhedurchblutung von 22,2% auf 42,8% bzw. von 11,1 auf 28,6% zunehmen. Extremitäten mit schwerer Störung von R treten in dieser Patientengruppe bei behindertem venösem Abfluß nicht auf.

Behinderter venöser Rückfluß führt bei der reaktiven Hyperämie laut Tab. 22 zu einer Abnahme normaler Durchblutungsverhältnisse von 44,5% auf 20% der Extremitäten, während er leichte und mittlere Durchblutungsstörungen von 11,1 auf 20 bzw. von 11,1 auf 40% ansteigen läßt. Sehr schwere Verminderungen von rH nehmen gegenüber der Extremitätengruppe mit gesundem Venensystem von 33,3% auf 20% ab.

Tab. 23 läßt bei V_t eine auffällige Zunahme von Extremitäten mit normaler Verzögerung der reaktiven Hyperämie von 55,6% bei un-

behindertem auf 80% bei behindertem venösem Abfluß erkennen.

Beine mit leichter Störung von V_t zeigen einen Rückgang von 33,3% auf 20% und solche mit sehr stark verzögerter rH gehen von 11,1 auf 0% zurück.

Die Dauer der reaktiven Hyperämie wird durch Behinderungen des venösen Rückflusses ungünstig beeinflusst. Tab. 24 zeigt einen Rückgang von Extremitäten mit normalem D bei gesundem Venensystem von 44,5 auf 0% bei venösen Behinderungen. Leichte Verlängerungen von D kommen bei Behinderungen im Venensystem gegen - über gesunden Beinen mit 33,3% in 40% der Fälle vor. Extremitäten mit mittelschwer verlängertem D zeigen eine ziemliche Konstanz in ihrem Auftreten mit 22,2% bei $Ph = 1$ und 20% bei $Ph = 2$. Starke Störungen von D treten bei normalem Venensystem nicht auf, während bei Behinderungen im venösen System ein Anteil von 40% der Extremitäten davon betroffen ist.

5 Kasuistik

In der Einzelfallbesprechung möchte ich nun noch einige charakteristische Fälle vorstellen.

Als erstes sollen zwei Patienten gegenübergestellt werden, bei denen die Auswirkungen eines schlecht und gut ausgebildeten Kollateralkreislaufs deutlich werden.

Pat. F.A., 44 J., :

Anamnestisch ist der Anschluß einer Herz-Lungenmaschine auf der rechten Seite zu erwähnen. An beiden Extremitäten wurden mittelschwere Lumenverengungen festgestellt. Es lagen dabei singuläre Verschlüsse vor, und zwar rechts vom Schweregrad 2 und links vom Schweregrad 3 (s. Schema 6). Die Verschlüsse lagen rechts an der

A. iliaca externa (Etag A und links an der A. fem. sup. (Etag B). Rechts war kein Kollateralkreislauf nachzuweisen, links war er gering ausgebildet. Die Durchblutung wies folgende Störungsgrade auf: R: re 2, li 3; rH: re 4, li 1; V_t: re 2, li 1; D: re und li 0.

Pat. K.H., 42 J., :

Hier lag ein Verschluß an der linken Extremität an der A. iliaca externa vor. Es war eine totale Stenose mit einer Länge vom Schwengrad 1. Der Kollateralkreislauf war stark ausgebildet. Die Durchblutungsstörungen waren folgendermaßen klassifiziert: R = 0; rH = 2; V_t = 0; D = 0.

Der Vergleich zwischen diesen Patienten zeigt die deutliche Verbesserung der Durchblutungsverhältnisse durch eine verstärkte Kollateralenbildung.

Ein Beispiel für die unverhältnismäßig starke Verschlechterung der Durchblutung durch multilokuläre Verschlüsse mit geringen Lumenverengungen über die gesamte Extremität bilden die nächsten beiden Patienten.

Pat. H.L., 69 J., :

Der Patient zeigte an beiden Beinen Lumeneinengungen des Schwengrades 1 über die gesamte Extremitätenlänge ab Etag B. Z.T. vorhandene Kollateralkreisläufe waren gering ausgebildet. Die Durchblutungsstörungen waren wie folgt eingeteilt: R: re 1, li 2; rH: re 2, li 4; V_t: re und li 1; D: re und li 0.

Pat. K.M., 54 J., :

Bei dem Patienten fanden sich am linken Bein multilokuläre Stenosen von der Klassifikation 1 über die gesamte Länge ab Etag B. Es waren nur geringe Kollateralkreisläufe vorhanden. Die Durch-

blutungsstörungen lagen in folgenden Schweregraden: $R = 1$; $rH=4$;
 $V_t = 3$; $D = 0$.

Zum Abschluß sollen noch zwei Fälle vorgestellt werden, die den Einfluß der Lokalisation von Verschlüssen, der Behinderung des venösen Abstroms und die Auswirkungen kombinierter Verschlüsse zeigen:

Pat. R.O., 48 J., :

Der Patient wies am rechten Bein in der Etage B eine geringe Lumenverengung (Klasse 0) auf, deren Länge vom Schweregrad 2 war. Kollateralkreislauf war keiner vorhanden. Der venöse Abstrom war behindert. Die Einteilung der Durchblutungsstörungen lautete: $R = 2$; $rH = 4$; $V_t = 0$; $D = 1$. Hochgelegene geringe Verschlüsse, noch dazu in Verbindung mit venösen Störungen, haben hier also zu starken Durchblutungsstörungen geführt.

Pat. M.-G.V., 58 J., :

Die Patientin hatte am linken Bein zwei totale singuläre Verschlüsse in den Etagen B und E. Die Länge der Stenosen war jeweils vom Schweregrad 4. Die Kollateralkreisläufe waren mittel ausgeprägt. Die Durchblutungsstörungen hatten diese Schweregrade: $R = 3$; $rH = 4$; $V_t = 3$; $D = 0$. Wie zu sehen ist, war die Extremität durch die Kombination dieser schweren Verschlüsse in ihrer Durchblutung stark eingeschränkt.

6 Diskussion

Zur Abrundung des Themas sollen hier die Ergebnisse dieser Arbeit in Vergleich zu denen anderer Autoren gebracht werden, die sich mit der Korrelation zwischen Angiographie und Muskeldurchblutung beschäftigt haben. Ferner sollen das Problem der norma-

len Durchblutungsgröße besprochen werden und die Beziehungen und der Vergleich zwischen Angiographie und MDB in ihrer Anwendung, ihrer Indikation und ihrer Aufgabenstellung aufgezeigt werden.

6.1 Vergleich mit anderen Autoren: Arteriographie

Ich möchte zuerst noch einmal auf die Altersverteilung der Patientengruppe eingehen. Es ergab sich ein kleiner Prozentsatz junger Patienten, die überdies keine pathologischen angiographischen Befunde aufwiesen, und ein überwiegender Anteil der über 50-jährigen von knapp 70%. Diese Ergebnisse werden in etwa durch die Arbeiten HELOUS F.(14) und PFLEGHARs F.(34) bestätigt. Auch die großangelegte Untersuchung von KRAUTWALD und VÖLPEL (20) über mehr als 1000 Gefäßkranke zeigen denselben Trend. Hier fanden sich in der Altersgruppe bis 31 Jahren nur 1,9% der Kranken, in der Gruppe von 31 - 49 Jahren 24,4% und in den Gruppen von 50-65 bzw. über 65 Jahren 62,3 bzw. 11,4%. Außerdem zeigte sich in dieser Untersuchung wie in der vorliegenden Arbeit ein sehr geringer Anteil an Patienten weiblichen Geschlechts. LEU H.J. u.a. (26) fanden bei einer pathologisch-anatomischen Untersuchungsreihe unterer Extremitäten in höherem Lebensalter mehr oder weniger ausgeprägte Arteriosklerose der Becken- und Beinarterien, wobei sich geschlechtsbedingte Unterschiede in höherem Alter verwischten.

Es zeigte sich in dieser Arbeit eine Abhängigkeit der Ruhedurchblutung von der Stärke der Lumenverengung und deren Lokalisation und von dem Anteil an kombinierten Verschlüssen. R verschlechterte sich bei stärkeren Stenosen, erhöhtem Anteil an Kombinationen und bei Verlagerung der Verschlüsse in die oberen Etagen.

Demgegenüber kamen LINDBJERG I.F.(27), KUCHAR D.e.a.(22), PABST H.W.(32) und TØNNESEN K.H.(41, 43) zu der Schlußfolgerung, daß die Ruhedurchblutung keine Unterscheidung zwischen normalen und pathologischen Arteriensystemen erlaubt. TØNNESEN (43) hält die Messung der Ruhedurchblutung mit der ^{133}Xe -Methode auf Grund des Injektionstraumas für unzuverlässig.

Nach der Auswertung für diese Arbeit gehen wie die Ruhedurchblutung auch die reaktive Hyperämie, deren Verzögerung und deren Dauer bei stärkeren Stenosen, bei der Zunahme kombinierter Verschlüsse und dem Nachlassen der Kollateralenzahl sowie mit Ausnahme von D bei der Wanderung der Verschlüsse in höhere Etagen in stärkere Schweregrade der Durchblutungsstörung über. Diese Ergebnisse finden auch durch andere Autoren ihre Bestätigung. KAMPIK E.(15) fand eine abnehmende Tendenz für die maximale Muskeldurchblutung von Stenosen über Verschlüsse bis zu Kombinationen von Femoralisverschlüssen und Iliacastenosen sowie eine Verlängerung der Verzögerungszeit. Außerdem stellte er eine Zunahme von V_t beim Übergang von Stenosen zu Verschlüssen fest. Eine sichere Lokalisation der Verschlüsse war ihm mit Hilfe der Xe-Clearance nicht möglich. Nach KAMPIKs Aussagen erlaubt die Xe-Clearance aber einen Einblick in den Kompensationsgrad der Erkrankung. LARSEN, ALPERT und LASSEN (23) nahmen ihre Messungen am M.gastrocnemius vor. Hierbei ist zu beachten, daß in diesem Muskel laut PABST (32) die Werte für R und rH wegen des höheren Fettgehaltes niedriger als im M.tibialis anterior liegen und die reaktive Hyperämie später einsetzt als im M.tib.ant. Außerdem wandten sie eine modifizierte Methode an, bei der die reaktive Hyperämie durch normierte Gehbewegungen hervorgerufen wur-

de. Dabei ergab sich eine Abnahme von rH und eine Zunahme von V_t bei stärkeren Stenosen und Kombinationen sowie ein grober Zusammenhang zwischen der Lokalisation des Verschlusses und dem Verlauf der ^{133}Xe -Clearance-Kurve. Die Autoren verzeichneten eine Verlängerung von V_t und D bei proximalerer Lage und zunehmender Länge eines Verschlusses. PABST H.W. (32) fand bei Gefäßverschlüssen gegenüber gesunden Patienten eine geringere reaktive Hyperämie und eine Verlängerung von D , die nötig ist, um das vorhandene Sauerstoffdefizit auszugleichen. Einen Rückschluß auf den Typ des Verschlusses und dessen Lokalisation hält er für kaum möglich. Danach sind eine stark erniedrigte rH und eine starke Verlängerung von V_t Verdachtsmomente auf erhebliche Veränderungen im Bereich der großen Gefäße (Aortenbifurkation, A. iliaca, A.femoralis); dennoch können periphere Unterschenkelverschlüsse nicht ausgeschlossen werden. Auch LASSEN N.A. und KAMPP M.(24), LINDBJERG I.F.(27,28), TØNNESEN K.H.(42,44) und CHRISTENSEN N.J.(3) (Messungen an Diabetikern) wiesen in weiteren Studien eine Erniedrigung von rH bei Stenosen gegenüber normalen Arteriensystemen (3,42), sowie eine Verlängerung von V_t und eine längere Dauer von rH nach. LASSEN und KAMPP(25) registrierten bei Claudicatio intermittens bei einem Teil der Patienten sogar eine Abnahme der MO_2 während der reaktiven Hyperämie. KUCHAR O. e.a.(22) versuchten mit Hilfe der ^{133}Xe -Clearance die Lokalisation von Arterienverschlüssen nachzuweisen. Sie kamen zu dem Ergebnis, daß der Mittelwert der reaktiven Hyperämie um so niedriger und V_t um so länger ist, je höher die Okklusionsstelle liegt. Der Prozentsatz falscher Ergebnisse erhöhte sich aber distal der A.poplitea. Eine weitere Bestätigung

für die Ergebnisse dieser Arbeit bildet auch die Meßreihe von EHRINGER H.(6) mit Hilfe der Venenverschlußplethysmographie, der eine schlechtere Kompensation von Verschlüssen in höheren Etagen und von Mehretagenverschlüssen nachwies.

6.2 Vergleich mit anderen Autoren: Phlebographie

Zur Phlebographie kamen in der auszuwertenden Patientengruppe nur Patienten mit einem Alter von über 40 Jahren. Dabei konzentrierte sich die Mehrzahl auf die Gruppe von 41 - 50 Jahren. In dieser Gruppe waren bei über der Hälfte der Fälle venöse Abflußstörungen nachzuweisen. Die Patientengruppen mit höherem Lebensalter (zwischen 51 und 70 Jahren) wiesen keine Störungen im venösen System auf. Dieses Ergebnis läßt sich auch durch die pathologisch-anatomische Untersuchungsreihe von LEU H.J.(26) bekräftigen, der bei Extremitäten von Patienten hohen Alters fast immer eine Intimasklerose der tiefen Beinvenen nachweisen konnte, die aber nie als stenosierende Form auftrat und die unabhängig vom Maß der arteriosklerotischen Veränderungen war. Ferner zeigte sich, daß die Phlebosklerose sehr selten Anlaß zur Bildung von Venenthrombosen gab.

Die Auswertung der Phlebographien zu dieser Arbeit ergab eine Verschlechterung der Ruhedurchblutung, der reaktiven Hyperämie und eine Verlängerung der Dauer der reaktiven Hyperämie sowie eine Verkürzung der Verzögerung von rH bei Störungen im venösen Abfluß. LÖFFERER O.c.a.(29) registrierten bei zunehmendem Venendruck eine abnehmende Durchblutung und eine veränderte Druck-Fluß-Beziehung, die zu Kurven führt, wie sie bei der Erhöhung des Gefäßtonus durch Reizung sympathischer Nerven gefunden werden. PETERSEN F.P.(33) führte eine Untersuchungsreihe

durch, bei der er durch eine Druckmanschette künstlich einen erhöhten Venendruck und damit eine venöse Rückstauung hervorrief und die Muskeldurchblutung mit Hilfe der ^{133}Xe -Clearance maß. Die Folge der Drucksteigerung war ein Absinken der Muskeldurchblutung auf 80% bei einem Manschettendruck von 40 mm Hg und auf 55% bei einem Druck von 60 und 70 mm Hg. Der venöse Druck lag bei diesen Versuchen um 15 mm Hg unter dem Manschettendruck. Insgesamt zeigen die vorstehenden Abschnitte der Diskussion, daß die Ergebnisse dieser Arbeit über die Korrelation zwischen Arteriographie und Phlebographie und der Muskeldurchblutungsmessung mit Hilfe der ^{133}Xe -Clearance-Methode durch die Resultate anderer Autoren im großen und ganzen gestützt werden.

6.3 Was ist normale Durchblutung?

Die Einteilung nach den verschiedenen Schweregraden der Durchblutungsstörungen wirft die Frage nach der Definition normaler Durchblutungsverhältnisse auf. Die Muskeldurchblutung dient nach BOLLINGER A.(2) dem Transport von Energieträgern und Abbauprodukten der Muskelbewegung. Sie wird neural und humoral, besonders aber auch durch gebildete Stoffwechselprodukte reguliert. In Ruhe ist sie gering, während sie bei Bewegung auf das 10- bis 20-fache ansteigen kann. Die Messung der MOB mit Hilfe der ^{133}Xe -Clearance weist nun auf dem Gebiet der Ruhedurchblutung eine gewisse Problematik auf. HANSEN M. und I.MADSEN (11) fanden eine zu niedrige Schätzung der Ruhedurchblutung bei der Messung mit ^{133}Xe . Sie erklären das mit der arterio-venösen Diffusion des Gases auf Grund seiner hohen Lipoidlöslichkeit. Ferner scheint ihnen der λ -Wert von 0,7 bei der Arbeit am Menschen zu niedrig zu sein. TØNNESEN K.H. und P.SEJRSEN (45) maßen eine ge-

genüber direkten Messungen auf 40 bis 80% erniedrigte Ruhedurchblutung. Eine weitere Frage wirft die Abhängigkeit der Durchblutungsgröße vom Trainingszustand und vom Alter des Patienten, sowie vom Fettgehalt im Muskel auf. So zeigte KLEMM J. in Untersuchungen während der Olympiade 72 durch Messungen der Xenon-Clearance an Hochleistungssportlern, daß die maximale Muskeldurchblutung bei Langstreckenläufern 70ml/100g/min und bei Sprintern 75ml/100g/min beträgt, während sie bei Nichtsportlern nur 45ml/100g/min erreicht. Das hieße also, daß bei einem Hochleistungssportler 40ml/100g/min bereits pathologisch sein können. Weitere Untersuchungen von Personen mit verschiedener beruflich bedingter körperlicher Belastung (Studentinnen, Münchener Biergartenbedienungen, ...) ergaben Variationen zwischen 29 und 47 ml/100g/min (15d). LASSEN N.A. und M.KAMPP (24) hatten unter ihrem Patientengut einen jungen Athleten, der beim standardisierten "walking test" einen Maximalwert von nur 9ml/100g/min aufwies, während er bei voller Belastung auf eine Höchstdurchblutung von 80ml/100g/min kam (Messungen am M.gastrocnemius; s. S.44). Die Diskussion unter verschiedenen Autoren zeigte jedoch, daß die Werte mit Ausnahme der Hochleistungssportler einer gemeinsamen Grundgesamtheit angehören (15d).

Die Abhängigkeit der Durchblutung vom Alter des Patienten wiesen WALTER I. e.a. (46) mittels Venenverschlußplethysmographie und KUCHAR O. (21) mit Hilfe der Xenonclearance nach. WALTER fand bei älteren Patienten eine höhere Ruhedurchblutung, eine Erniedrigung der Blutvolumina sowie eine erniedrigte reaktive Hyperämie bei völliger Beschwerdefreiheit vor. Der letzte Befund wird von WALTER durch die Abnahme des Grundumsatzes bzw.

der Energieentfaltung im Alter erklärt. Bei KUCHARs Messungen zeigte sich eine deutliche Verminderung der Durchblutung mit zunehmendem Alter. Er erklärt sich das mit dem Einfluß des erhöhten Fettgehalts der Muskulatur im höheren Alter, insbesondere bei Frauen, auf den Verteilungskoeffizienten des Xe^{133} , was sich als scheinbare Durchblutungsverminderung auswirken kann.

6.4 Indikationen, Aufgaben und Leistungen von Arterio- und Phlebographie und der ^{133}Xe -Clearance

Trotz der Bemühungen vieler Autoren mit der Xe -Clearance die Arteriographie als diagnostisches Hilfsmittel zurückzudrängen, hat sich diese einen weiten Indikationsbereich erhalten. So stellt die Arteriographie nach COERPER H.G. (4) den zentralen Angelpunkt für das therapeutische Vorgehen bei der arteriellen Verschlusskrankheit dar. Die Indikation für die verschiedenen angiographischen Verfahren hängt danach von der Lokalisation und Ausdehnung des Verschlusses und vom Allgemeinzustand des Patienten ab. ZEITLER E. und W.SCHOOP (48) sehen einen zweifachen Wandel in der Indikation zur Angiographie. Während sie in der Anfangsphase der angiographischen Diagnostik schon bei Verdacht auf arterielle Durchblutungsstörungen angewendet wurde, beschränkte man auf Grund der Komplikationen die Angiographie auf Untersuchungen in Hinblick auf chirurgische Eingriffe. So sehen die Autoren die Aufgaben der Angiographie in der exakten Lokalisation der morphologischen Gefäßveränderungen, in der Bestimmung deren quantitativen Ausdehnung und der Beurteilung der Ein- und Ausstrombahn. Eine weitere Änderung in der Indikation zur Angiographie ergibt sich gegenwärtig durch die Herabsetzung des Risikos der Angiographie auf Grund neuer Techniken und Kon-

trastmittel, sowie durch neue Behandlungsmöglichkeiten wie Venen-Bypass-Operationen an Knie und Unterschenkel und internistische und röntgenologische lumenerweiternde Maßnahmen. Die zukünftige Aufgabe der Arteriographie wird es sein, die "Wertigkeit der an verschiedenen Provinzen vorhandenen Obliterationen nach Möglichkeit in einer Untersuchung zu bestimmen". WELLAUER I. (47) sieht die Aufgaben der Angiographie im Nachweis von Gefäßobliterationen und deren Lokalisation und ebenso in der Aufdeckung der Kollateralgefäße, was besonders für die Therapie ausschlaggebend ist. Weiter dient sie zur Kontrolle des Therapieverlaufs und -erfolgs, wenn sich Komplikationen einstellen oder der Zustand sich verschlechtert. Außerdem vermag sie besondere Ursachen einer peripheren Durchblutungsstörung aufzuzeigen wie Aneurysmen, Tumoren mit ihren arterio-venösen Shunts oder Angioneuropathien. Insgesamt sieht WELLAUER in der Angiographie eine für den Patienten wenig belastende Methode, die bei jeder Form peripherer Durchblutungsstörungen einzusetzen ist. Er steht dabei in Gegensatz zu LARSEN O.A., ALPERT und LASSEN (23), die die Risiken insbesondere der Aortographie in den Vordergrund stellen. Sie geben als Durchschnitt aus vielen klinischen Berichten den Anteil tödlicher Zwischenfälle mit ca. 0,5%, den schwerer Zwischenfälle mit ca. 1% und den leichter Komplikationen mit 15% an. HACKER R.W. und DECKER (10) stellen die genaue Auskunft über Lokalisation und Ausdehnung der Stenosierung mit Hilfe der Angiographie in den Vordergrund. HASSE H.M. (12) hält die Angiographie für wertvoll in der ätiologischen und frühzeitigen Diagnostik arterieller Verschlusskrankheiten. Sie gibt Hinweise auf Traumen, akute Erfrierungen, fort-

geschrittene Arteriosklerose sowie auf Embolien. Als Zukunfts -
aufgabe sieht er die Unterscheidung entzündlicher von degene-
rativen Arterienerkrankungen an. FISCHBACHER W. (8) stellt ne-
ben den erwähnten Aufgaben die Bedeutung der Angiographie für
die Einschätzung des Faktors "Thrombophilie" in den Vordergrund.
Für LUDIN H. (30) liegt die Leistung der Angiographie im Gegen-
satz zu klinischen Methoden, die nur die proximale Begrenzung
eines Verschlusses erkennen lassen, in der Orientierung über
mehrere hintereinandergelegene Verschlüsse und über die Ausbil-
dung eines Kollateralkreislaufs. Ferner hilft sie bei der Dif-
ferentialdiagnose des akuten Arterienverschlusses. Sie unter-
stützt bei der Operationsplanung, da auch proximale und dista-
le Arterienabschnitte dargestellt werden können, der In- und
Outflow beurteilt und die Frage nach der Operabilität beantwor-
tet werden können. Für PIRKER E. (35) dient die Angiographie
auf Grund ihrer schon genannten Leistungen zur Entscheidung
über Möglichkeit, Erfolgsaussicht, Ausdehnung von chirurgischen
Eingriffen und zur Differentialdiagnose zwischen Arterioskle-
rose und Engangiitis obliterans. Kontraindiziert ist sie für
ihn bei reduziertem Allgemeinzustand und Blutgerinnungsstörun-
gen.

Als zweite, den Patienten wenig belastende Methode, ist die
Phlebographie zu besprechen. Sie steht nach PSATHAKIS N. (36)
als Mittel zur Diagnostik des Insuffizienzsyndroms der tiefen
Beinvenen auf exakter wissenschaftlicher Grundlage. HASSE H.M.
(12) sieht ihre Bedeutung für die venösen Verschlußkrankheiten
in der Differenzierung zwischen thrombotischen und extravasal
hervorgerufenen Verschlüssen. Als Aufgaben der Phlebographie

betrachten OLBERT F. und F.PAVLIK (31) die Beurteilung der Genese der Varizen und der sich daraus ergebenden therapeutischen Konsequenzen, die Sicherstellung der Diagnose Beinvenen- oder Beckenvenenthrombose und die präoperative Untersuchung vor jeder geplanten Arterienrekonstruktion (Venenersatz durch die V. saphena magna). Insgesamt halten SCHMITT H.E. u.a. (39) die Phlebographie für die beste Methode zur Objektivierung der pathologisch-anatomischen und funktionellen Veränderungen der Venen. EYSHOLDT K.G. (7) bezeichnet sie zusammenfassend als das subtilste Verfahren zur Venendiagnostik.

Die Vorteile des mit der Angiographie in Beziehung zu bringenden Verfahrens, der Radioxenonclearance, sehen ZEITLER E. und SCHLOOP (48) darin, daß es für die lokale maximale Muskeldurchblutung aufschlußreicher ist als die Angiographie. Ferner ist die ^{133}Xe -Clearance nach ALEXANDER K. und A.WITTENBERG (1) und ZERKOWITZ A. (49) eine Methode, die andere Verfahren ergänzt, da sie die Möglichkeit bietet, Einblicke in die nutritiven Kreislaufverhältnisse zu gewinnen. ZERKOWITZ A. (49) glaubt, so ohne große technische Schwierigkeiten zu wertvollen Aussagen zu kommen. DE ROO e.a.(37) benützen die Xe-Clearance zur objektiven Beurteilung der arteriellen Gefäßpathologie der unteren Extremitäten und ebenso wie BOLLINGER A. (2) zur Kontrolle medikamentöser und chirurgisch-therapeutischer Maßnahmen. Für TØNNESEN K.H. (44) bietet die Xenonclearance den großen Vorteil, daß die Muskeldurchblutung auch während spezieller Bewegungsformen gemessen werden kann, wodurch eine bessere Unterscheidung zwischen Gefäßgesunden und -kranken möglich ist und eine Korrelation zwischen der Xe-Clearance und der funktionellen Be-

wegungseinschränkung erreicht wird. Die Aufgaben der Xe-Clearance liegen nach LINDBJERG I.F. (27) in der Möglichkeit, den Zustand der Hauptarterien bei Schmerzen ungeklärten Ursprungs einzuschätzen, was in vielen Fällen eine Arteriographie zu vermeiden hilft. Außerdem hält er sie besonders bei der Kontrolle ambulanter Patienten oder von Patienten mit Verdacht auf Komplikationen infolge vorhergegangener Arterienpunktion für brauchbar.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß Angiographie und ^{133}Xe - Clearance Verfahren sind, die sich in ihren diagnostischen Aufgaben ergänzen. Verfeinerte und modifizierte Verfahren erlauben es, in gewissen Fällen den Patienten die Angiographie mit ihren Unannehmlichkeiten und Komplikationen (30) zu ersparen und ihn nur der Untersuchung mit der praktisch schmerzlosen und ungefährlichen Xe-Clearancemethode zu unterziehen.

7 Zusammenfassung

Zur Ermittlung der Korrelation zwischen Angiographie und der ^{133}Xe -Clearance wurden 51 Arteriographien und 16 Phlebographien der unteren Extremität ausgewertet und den zugehörigen MDB - Messungen gegenübergestellt. Die Geschlechtsverteilung ergab bei den Arteriographien ein Überwiegen männlicher Patienten, die Altersverteilung einen Hauptanteil von Patienten über 50 Jahren sowie eine Zunahme der Gefäßschädigungen mit zunehmendem Alter.

Außerdem zeigten Arteriographie und MDB - Messungen folgende Beziehungen zueinander:

1. Durchblutungsstörung - Lumenverengung: Es zeigte sich eine

Abnahme normaler Extremitäten und solcher mit leichten Stenosen sowie eine Zunahme totaler Verschlüsse mit ansteigendem Störungsgrad der Ruhedurchblutung (R), der reaktiven Hyperämie (rH), der Dauer von rH (D) und der Verzögerung von rH (V_t).

2. Durchblutungsstörung - kombinierte Verschlüsse: Es ergab sich bei R, V_t und D eine Zunahme kombinierter Verschlüsse und ein gehäuftes Auftreten totaler Stenosen mit dem Anstieg schlechterer Durchblutungsverhältnisse. Bei rH ergab sich kein klares Ergebnis.

3. Durchblutungsstörung - Lumen und Kollateralenbildung: Es zeigte sich bei R, rH, V und D eine Verstärkung des Kollateralkreislaufs innerhalb der einzelnen Klassen der Durchblutungsstörungen mit zunehmender Lumeneinengung und beim Vergleich der Klassen untereinander eine Abnahme der Kollateralenzahl mit zunehmender Durchblutungsstörung.

4. Durchblutungsstörung - Etagenhöhe der Verschlüsse: Bei R, rH und V_t ergab sich der Trend, daß bei stärkeren Durchblutungsstörungen Gefäßverschlüsse vermehrt über die ganze Extremität in Form des Gänsegurgelphänomens auftreten und gehäuft in den oberen Etagen lokalisiert sind. Bei D ließen sich keine Aussagen machen.

5. Durchblutungsstörungen - Lumenverengungsarten: Multilokuläre Verschlüsse traten im allgemeinen in Form einer Aneinanderreihung leichter Stenosen auf. Ferner läßt sich sagen, daß verhältnismäßig geringe Verengungen der Gefäße die Durchblutungsverhältnisse rapid verschlechtern, wenn sie multilokulär auftreten.

Alle Patienten, an denen Phlebographien vorgenommen wurden, wa-

ren über 40 Jahre alt. Es überwiegen auch hier männliche Patienten. Pathologische Befunde kamen nur in der Altersgruppe zwischen 41 und 50 Jahren vor. Die Gegenüberstellung mit der Durchblutungsmessung ergab bei R, rH und D eine Zunahme stärkerer Durchblutungsstörungen, wenn venöse Abflußbehinderungen vorlagen, während V_t sich dabei überwiegend normal verhielt.

Durch Vergleiche mit anderen Autoren wurden diese Ergebnisse bestätigt. Die Diskussion darüber, was unter normalen Durchblutungsverhältnissen zu verstehen sei, und über die Indikationen, Aufgaben und Leistungen von Angiographie und Radioxenonclearance legten dar, daß Angiographie und Xe-Clearance sich ergänzende diagnostische Verfahren sind, daß aber die Angiographie, bei der Komplikationen und Schmerzen für den Patienten auftreten können, auf manchen Gebieten auf Grund von Verfeinerungen und Weiterentwicklungen der Xe-Clearance von diesem für den Patienten angenehmeren Verfahren ersetzt werden kann.

Literaturverzeichnis

1. ALEXANDER, K. Quantitative Durchblutungsmessungen mit Hilfe von ^{133}Xe .
A. WITTENBORG Dt. med. Wschr. 96, 1711 (1971)
2. BOLLINGER, A. Durchblutungs- und Druckmessungen.
In: Arterielle Durchblutungsstörungen in der Praxis, Verlag Huber, Bern, Stuttgart, Wien; hrsg. Widmer L.K. und P. Waibel, 20 (1972)
3. CHRISTENSEN, N.J. Muscle blood flow, measured by Xenon 133 method and vascular calcifications in diabetics.
Act. med. Scand. 183, 449 (1968)
4. COERPER, H.G. Gefäßchirurgische Eingriffe im Rahmen eines Städtischen Krankenhauses.
D. med. Welt 19, 779 (1971)
5. CONN, H.D. jr. Equilibrium distribution of radioxenon in tissue: Xenon-haemoglobin association curve.
J. Appl. Physiol. 16, 1065 (1961)
6. EHRLINGER, H. Die reaktive Hyperämie nach arterieller Sperre.
In: Meßmethoden bei arteriellen Durchblutungsstörungen, hrsg. von Bollinger A. und U. Brunner; Verlag Huber, Bern, Stuttgart, Wien, 20 (1971)
7. EYSHOLDT, K.G. Die Phlebographie und ihre Bedeutung in der Venendiagnostik.
Fortschr. Röntstr. 89, 269 (1958)
8. FISCHBACHER, W. Chronische arterielle Durchblutungsstörungen der Extremitäten.
Schweiz. med. Wschr. 98, 929 (1968)

9. FRAITZL, H.J. ¹³³Xe-Muskelclearance als Prüfparameter für
die Wirkung von Angiopharmaka, dargestellt
an der Durchblutungsmessung der unteren Ex-
tremität.
Inaug. Diss. München (1972)
10. HACKER, R.W. Verlauf und Prognose der chronischen arteri-
ellen Verschußkrankheit der unteren Extre-
mität.
Dt. med. Wschr. 93, 1343 (1968)
11. HANSEN, M. Estimation of relative changes in resting
muscle blood flow by ¹³³Xe washout: The ef-
fect of oxygen.
Scand.J.Clin.Lab.Invest. 31, 133 (1973)
12. HASSE, H.M. Bedeutung der Angiographie für die ätiolo-
gische Diagnostik arterieller und venöser
Verschußkrankheiten.
Verhandl. d. Dt. Ges. f. Kreisl.-forsch. 106
(1963)
13. HEBERER, G. Angiologie.
G. Rau
W. Schoop
G. Thieme Verlag, Stuttgart, 232 (1974)
14. HELOU, F. Die Radio-Xe-Muskelclearance in Abhängigkeit
von Trainingsbelastung bei Normalpersonen.
Inaug. Diss., München (1972)
15. KAMPIK, E. Möglichkeiten und Grenzen bei der Differen-
zierung arterieller Obliterationen mit der
Xe-Clearance.
In: Diagnostik mit Isotopen bei arteriellen

- und venösen Durchblutungsstörungen der Extremitäten; hrsg. von Zeitler E., Verlag Huber, Stuttgart, Bern, Wien; 54 (1973)
- 15d Diskussion zu den untersuchungstechnischen Bedingungen und zur Reproduzierbarkeit der ^{133}Xe -Muskelclearance. In: s. 15, 61
16. KAPPERT, A. Lehrbuch und Atlas der Angiologie. Verlag Huber, Bern, Stuttgart, Wien; 142, 167, 170, 174 (1969)
17. KETY, S. S. Quantitative measurement of regional circulation by the clearance of radioactive sodium. Am. J. Med. Sc. 215, 352 (1948)
18. KETY, S. S. Measurement of regional circulation by the local clearance of radioactive sodium. Am. Heart. J. 38, 321 (1949)
19. KLEMM, J. Besitzt die ^{133}Xe -Clearance-Methode zur Muskeldurchblutungsbestimmung klinische Routine-reife?

In: Radionuklide in Kreislaufforschung und -diagnostik, 5. Jahrestagung d. Ges. f. Nuclearmedizin, F.K.Schattauer Verlag, Stuttgart - New York, 174 (1967)
20. KRAUTWALD, A. Häufigkeit arterieller Durchblutungsstörungen
 W.VÖLPEL der unteren Extremität in Beziehung zum Lebensalter und zur Lokalisation der Gefäßob-literationen.

Dt. med. Wschr. 85, 1531 (1960)

21. KUCHAR, O. Messung der Muskeldurchblutung in den unteren Extremitäten nach der lokalen Xe^{133} -Clearance-Methode 1. Normalwerte und ihre Abhängigkeit vom Lebensalter. Radiobiol. Radiotherm. 2, 217 (1972); Ref. in: Fortschr. Röstr. 118, 4, 485 (1973)
22. KUCHAR, O. Messung der Muskeldurchblutung in den unteren Extremitäten mittels der lokalen Xe^{133} -Clearance-Methode 2. Diagnostik von Arterienobliterationen. Radiobiol. Radiotherm. 2, 225 (1972); Ref. in: s. 21
23. LARSEN, O. A. Evaluation of arterial insufficiency of the legs - A comparison of arteriography and the ^{133}Xe -walking test. In: s. 19, 177 (1968)
24. LASSEN, N. A. Calf muscle blood flow during walking studied by the Xe^{133} method in normals and in patients with intermittent claudication. Scand. J. Clin. Lab. Invest. 17, 447 (1965)
25. LASSEN, N. A. Measurement of blood flow through skeletal muscle by intramuscular injection of Xe^{133} . Lancet 1, 686 (1964)
26. LEU, H. J. Zur Frage der Beziehungen zwischen Arteriosklerose und Phlebosklerose der Bein Gefäße. Schweiz. med. Wschr. 101, 1323 (1971)
27. LINDBJERG, I. F. Diagnostic application of the ^{133}Xe method in peripheral arterial disease.

- Scand.J. Clin. Lab. Invest. 17, 589 (1965)
28. LINDBJERG,I.F. Routine use of the Xe^{133} -clearance method in peripheral circulation studies, with special regard to its correlation to angiographie.
Scand.J.Clin.Lab.Invest.Suppl. 99, 123 (1966)
29. LOFFERER,O. Nuklearmedizinische Diagnostik bei venösen Abflußstörungen.
A.MASTBECK
H.BARTSCH
In: s. 15, 152 (1973)
30. LUDIN,H. Arteriographie.
In: s. 2, 58 (1972)
31. OLBERT,F. Zur Technik der Bein- und Beckenphlebographie.
F.PAVLIK
Wiener klin. Wschr. 84, 769 (1972)
32. PABST,H.W. Untersuchungen der peripheren Zirkulation mit Radioisotopen.
In: s. 19, 158 (1967)
33. PETERSEN,F.B. ^{133}Xe disappearing rate from human calf muscle during venous stasis.
Dan. Med. Bull. 17, 230 (1970)
34. PFLEGHAR,F. Untersuchungen über die Verwendbarkeit der ^{133}Xe -Muskelclearance in der angiologischen Diagnostik.
Inaug. Diss., München (1969)
35. PIRKER,E. Röntgendiagnostik der Durchblutungsstörungen.
Wiener med. Wschr. 120, 941 (1970)
36. PSATHAKIS,N. Die Phlebographie, ihr Wert für die Diagnostik und Therapie des Insuffizienzsyndroms tiefer Venen der unteren Extremität.
Chirurg 34, 553 (1963)

37. DE ROO, M. Vorläufige Ergebnisse zur Untersuchung der
H. BOSSAERT arteriellen Durchblutung der unteren Extre-
mitäten mit ^{133}Xe .
Jour. Belge. Radiol. 52, 51 (1969); Ref. in:
Fortschr. Röstr. 111, 866 (1969)
38. RUFF, M. Die ^{133}Xe -Muskelclearance als Prüfparameter
für die Erfolgsbeurteilung gefäßchirurgischer
Eingriffe.
Inaug. Diss., München (1972)
39. SCHMITT, H. E. Phlebographie bei akuter Venenthrombose.
Dt. med. Wschr. 95, 2313 (1970)
40. SMITH, B. C. The use of radioactive sodium in studies of
E. H. QUIMBY circulation in patients with peripheral vas-
cular disease.
Surg. Gyn. Obstetr. 79, 142 (1944)
41. TØNNESEN, K. H. The blood flow through the calf muscle du-
ring rhythmic contraction and in rest in pa-
tients with occlusive arterial disease mea-
sured by ^{133}Xe .
Scand. J. Clin. Lab. Invest. 17, 433 (1965)
42. TØNNESEN, K. H. Muscle blood flow during exercise in inter-
mittent claudication.
Circulation 37, 402 (1968)
43. TØNNESEN, K. H. Blood flow in skeletal muscle during exer-
cise measured by ^{133}Xe -wash-out.
In: s. 6, 34 (1971)
44. TØNNESEN, K. H. Blood flow in calf muscle during exercise
in normal subjects and in patients measured

by ^{133}Xe .

In: s. 6, 66 (1971)

45. TØNNESEN, K.H. Washout of ^{133}Xe after intramuscular injection and direct measurement of blood flow in skeletal muscle.
P. SEJRSEN Scand. J. Clin. Lab. Invest. 25, 71 (1970)
46. WALTER, J. Die periphere arterielle Durchblutung in höherem Lebensalter.
ST. KÜCHER D. med. Welt 4, 122 (1972)
P. POLZIEN
47. WELLAUER, I. Angiographische Diagnostik peripherer Durchblutungsstörungen.
Schweiz. med. Wschr. 100, 767 (1970)
48. ZEITLER, E. Der Wandel in der Indikation zur Angiographie bei der arteriellen Verschlusskrankheit.
W. SCHOOP Fortschr. Röstr. 112, 291 (1970)
49. ZERKOWITZ, A. Untersuchungen zur Wirksamkeit gefäßaktiver
G. HOPPE Medikamente mit der ^{133}Xe -Muskelclearance.
G. BUBLITZ D. med. Welt 32, 1736 (1969)

- Lancet 1, 1269 (1972)
9. HEBESTREIT, H.-P.
L. SCHLICHT
Ergebnisse der Muskeldurchblutung mittels der Xe^{133} -Clearance nach individuell dosierter ischämischer Arbeit bei Gesunden sowie bei Patienten vor und nach Gefäßoperationen. Fortschr. Röstr. 117, 141 (1972)
10. KÖHLER, M.
Die Beurteilung der Kompensation chronischer Arterienverschlüsse mit Hilfe der Xe^{133} -Muskelclearance und der Stoffwechselmetabolite Laktat und Pyruvat.
In: Diagnostik mit Isotopen bei arteriellen und venösen Durchblutungsstörungen der Extremitäten; hrsg. Zeitler E., Verlag Huber, Bern, Stuttgart, Wien, 105 (1973)
11. LASSEN, N. A.
 Xe^{133} -clearance from skeletal muscle. Scand. J. Clin. Lab. Invest. Suppl. 99, 114 (1966)
12. MACKINTOSH, C. E.
Stress Arteriography. Lancet 1, 1477 (1973)
13. MÖRL, H.
R. GABRIEL
M. BARTUSCH
Vergleichende Messungen der Muskeldurchblutung mit der Venenverschußplethysmographie und der Clearance mit ^{133}Xe bei arterieller Verschußkrankheit. Ztschr. f. Kreisf.-forsch. 60, 5, 447 (1971)
14. NITSCH, W.
Ätiologie und Pathogenese peripherer arterieller Verschußkrankheiten. D. med. Welt 39, 1325 (1972)
15. PABST, H. W.
Fortschritte der Nuklearmedizin in klinischer und technologischer Sicht.

12. internat. Jahrestagung d. Ges. f. Nuc -
learned. a.V., München (1974)
16. ROBERTS, V.C. External pressure and femoral-vein flow.
Lancet 1, 136 (1971)
17. ROHMANN, H.W. Zur Methode der Venographie mit einem neuen
Kontrastmittel.
D. med. Welt 6, 309 (1969)
18. SCHIMANSKI, K. Diagnose und Therapie chronischer peripherer
arterieller Durchblutungsstörungen.
D. med. Welt 31, 1379 (1970)
19. SCHLOSSER, V. Zwei Typen der chronischen arteriellen Ver-
schlußkrankheit.
Dt. med. Wschr. 98, 593 (1973)
20. TØNNESEN, K.H. Validation of the ^{133}Xe -clearance technique:
clinical use by comparison to plethysmogra-
phy and walking distance.
Circulation 37, 402 (1968)
21. WIDMER, L.K. Anamnese-Stadien der Durchblutungsstörungen.
P. WAIBEL In: Arterielle Durchblutungsstörungen in der
Praxis. Verlag Huber, Bern, Stuttgart, Wien,
hrsg. Widmer L.K. und Waibel P., 20 (1972)

Mein besonderer Dank gilt dem Leiter der Röntgenabteilung der II. Medizinischen Klinik der Universität München Herrn Dr. J. Klemm für die Überlassung des Themas und die freundliche Beantwortung meiner Fragen sowie dem Klinikzeichner für die Anfertigung der Abbildungen. Ferner möchte ich Herrn Prof. Dr. K. Kopetz für seine Tätigkeit als Berichterstatter und Herrn Prof. Dr. E. Buchborn für seine Tätigkeit als Mitberichterstatter herzlich danken.

Mein Lebenslauf

Ich wurde am 18. April 1951 als Sohn des damaligen Bundesbahninspektors und jetzigen Bundesbahnoberamtsrats Karl Höhn und dessen Ehefrau Annemarie in Passau geboren. Dort besuchte ich von 1957 bis 1961 die Volksschule St. Anton und von 1961 bis 1970 das Adalbert-Stifter-Gymnasium, an dem ich im Juni 1970 die Reifeprüfung ablegte. Im Herbst 1970 begann ich mit dem Studium der Zahnheilkunde an der Universität München. Von September 1973 bis Februar 1976 arbeitete ich als Doktorand an der II. Medizinischen Klinik der Universität München. Am 19. Juli 1976 beendete ich mit Erfolg die zahnärztliche Prüfung.

